Surveillance environnementale des pulvérisations aériennes d'insecticides
contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette
au Québec, en 1985

Concentrations d'insecticide biologique dans l'air à l'intérieur des aires traitées

par: Jacques Dugal, biologiste-aménagiste
Luc Major, biologiste
Ghislain Rousseau, tech. en eau et assain.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Energie et des Ressources
Direction de la Conservation

Service des études environnementales

Gilles Gaboury, biol.
Chef du Service

Division des études et du suivi

Pierre-Martin Marotte, biol.
Responsable

Québec, le 20 août 1986

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement madame Sylvie Jean et monsieur Jacques Bergeron pour la réalisation des figures. Nos remerciements s'adressent également à monsieur Bruno Boulet pour son expertise statistique.

RÉSUMÉ

Dans le cadre de sa seizième opération de pulvérisations aériennes contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana Clem.), le ministère de l'Energie et des Ressources a entrepris, pour la première fois en 1985, un étude visant à évaluer les concentrations d'insecticide biologique (Bacillus thuringiensis var. kurstaki) dans l'air à l'intérieur des aires traitées.

Au total, 47 échantillons d'air ont été prélevés entre le 4 juin et le 5 juillet 1985 selon des conditions qui tendent vers l'isocynétique. Suivant le passage de l'avion, quatre prélèvements consécutifs d'une durée de 30 minutes ont été effectués pour l'ensemble des parcelles surveillées. Les concentrations totales après deux heures varient de 4 506 U.F.C.*-mn/l à une valeur maximale de 277 941 U.F.C.-mn/l. Pour huit stations sur dix, la majeure partie de l'insecticide, soit 67,5% à 91,6%, est captée durant la première demi-heure suivant la pulvérisation. De même, pour la plupart des stations, les concentrations résiduelles tendent à diminuer rapidement avec le temps. En effet, la proportion d'insecticide détectée durant la dernière demi-heure (90 - 120 minutes) est inférieure à 2% de la concentration totale captée durant les deux heures de prélèvement à huit des dix stations. Au sol, le dépôt d'insecticide a été évalué à l'aide de membranes filtrantes déposées au site d'échantillonnage de l'air. Les dépôts totaux varient de 53,2 à 1 021,6 U.F.C./cm^2. Bien qu'aucune corrélation significative n'ait été démontrée, le taux de distribution des concentrations d'insecticide au sol s'apparente à celui des concentrations dans l'air.

Les risques potentiels pour la santé des travailleurs et du public exposés aux pulvérisations aériennes d'insecticide biologique ont été évalués. Dans l'état actuel des connaissances, les plus fortes concentrations de B.t. détectées à l'intérieur des aires traitées en 1985 ne représenteraient que très peu de risques pour les individus les plus exposés.

* U.F.C.: Unités formant des colonies pouvant provenir d'une ou de plusieurs spores.

ABSTRACT

Within its sixteenth year of aerial spraying against spruce budworm (Choristoneura fumiferana Clem.), the Ministère de l'Énergie et des Ressources of Québec carried out, for the first time in 1985, a study in order to evaluate the concentrations of biological insecticide (Bacillus thuringiensis var. kurstaki) in the air inside the treated areas.

A total of 47 air samples tending towards isokinetic conditions were taken from June 4 to July 5, 1985. After the spraying, four consecutive 30-minutes samples were collected in all the studied blocks. Concentrations after two hours varied from 4 506 CFU*-min/l to a maximum of 277 941 CFU-min/l. At eight of the ten sampling sites, the major part of the insecticide - that is 67,5% to 91,6% - was detected during the first half-hour following the spraying. Also, at most of the sampling sites residual concentrations tended to quickly decrease with time. Indeed, the proportion of insecticide found during the last half-hour (90 - 120 minutes) was lower than 2% of the total concentration detected during the two-hour sampling for 8 of the 10 sites. Ground deposition was evaluated with filtering membranes at each sampling site. The insecticide deposit varied from 53,2 to 1 021,6 CFU/cm^2. Although no significant correlation could be shown, the distribution rates of ground concentrations are similar to those of air concentrations.

Potential health risks for workers or bystanders exposed to aerial sprayings of biological insecticide were evaluated. According to the present state of knowledge on the topic, even the greatest concentrations of B.t. found inside the treated areas in 1985 would not be hazardous for the most exposed individuals.

---

*CFU: Colony-forming unit. A colony can originate from one or several spores.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS ii
RÉSUMÉ iii
ABSTRACT iv
LISTE DES TABLEAUX vi
LISTE DES FIGURES vi

1. Introduction 1

2. Territoire 2

3. Méthodologie 2

3.1 Pulvérisation 2
3.2 Préparation d'insecticide 2
3.3 Échantillonnage de l'air 2
3.4 Méthode analytique 6

4. Résultats 7

4.1 Concentrations d'insecticide dans l'air 7
4.2 Concentrations d'insecticide au sol 9

5. Discussion 11

Bibliographie 18

Annexe 1: Composition de la gélose nutritive et du Tween 80 19

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: Concentrations d'insecticide biologique (B.t.) décelées dans les échantillons d'air prélevés à l'intérieur des secteurs traités, en 1985 8

TABLEAU 2: Concentrations d'insecticide biologique (B.t.) décelées sur les membranes filtrantes prélevés à l'intérieur des secteurs traités, en 1985 10

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: Superficies traitées à l'insecticide biologique (B.t.) lors du programme de lutte contre la T.B.E. au Québec, en 1985 3

FIGURE 2: Schéma des appareils utilisés pour l'échantillonnage d'insecticide biologique (B.t.) dans l'air à l'intérieur des aires traitées, en 1985 5

FIGURE 3: Histogrammes illustrant le taux de distribution de l'insecticide biologique (B.t.) détecté à différentes périodes dans l'air et au sol à l'intérieur des secteurs traités, en 1985 12

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de son programme de lutte contre les insectes nuisibles en milieu forestier et en vertu du décret ministériel 192-85, le ministère de l'Energie et des Ressources a entrepris au printemps 1985 une seizième opération de pulvérisations aériennes d'insecticides pour réduire les dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana Clem.).

À la différence des années précédentes, une forte proportion d'insecticide biologique (Bacillus thuringiensis var. kurstaki) a été utilisée. Dans ce contexte, le Ministère a réalisé, pour la première fois, un programme d'échantillonnage visant à mesurer les concentrations d'insecticide biologique dans l'air à l'intérieur des aires traitées immédiatement après une application.

Lors des trois années antérieures, des études semblables ont été effectuées pour les insecticides chimiques (St-Louis et al., 1983; Major et al., 1984; 1985) mais jamais en ce qui concerne les produits biologiques. Afin de combler cette lacune et malgré la très faible toxicité du B.t., le présent projet a été entrepris de façon à connaître le comportement de ce produit lors d'une application et à estimer l'exposition humaine en fonction des quantités mesurées dans l'air.

2. TERRITOIRE

Les pulvérisations opérationnelles de 1985 ont couvert une superficie de 667 418 hectares répartis dans les régions du Bas St-Laurent, de la Gaspésie, du Saguenay-Lac-St-Jean, de Québec et de la Côte-Nord. De cette superficie, 184 455 ha (27,6%) ont été traités avec l'insecticide chimique fénitrothion. La superficie restante, soit 482 963 ha (72,4%) était traitée par les insecticides biologiques dont ce rapport fait l'objet (Fig. 1).

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Pulvérisation

Le programme de pulvérisation de 1985 s'est déroulé du 3 juin au 5 juillet. Dans les parcelles surveillées lors de cette étude, les traitements étaient effectués à l'aide de quadrimoteurs de type L-749, DC-4G et DC-6, guidés par des unités Litton^{MD} de navigation par inertie. Le système de pulvérisation de ces appareils était constitué de rampes munies de gicleurs ouverts. Chaque parcelle traitée n'a reçu qu'une seule application. Mentionnons que certaines parcelles initialement prévues au programme n'ont pas été traitées à cause d'une baisse des populations larvaires en deça du seuil nuisible.

3.2 Préparation d'insecticide

Dans les parcelle qui ont fait l'objet de prélèvements, l'insecticide biologique utilisé était le Thuricide^{MD} 48 LV pur au taux de 30 MUI[1]/ha dans un volume de 2,37 l/ha.

3.3 Échantillonnage de l'air

Pour être représentatif des concentrations réelles dans l'air, l'échantillonnage d'aérosol doit respecter des conditions précises, appelées isocynétiques.

---

[1] MUI: Milliards d'unités internationales.

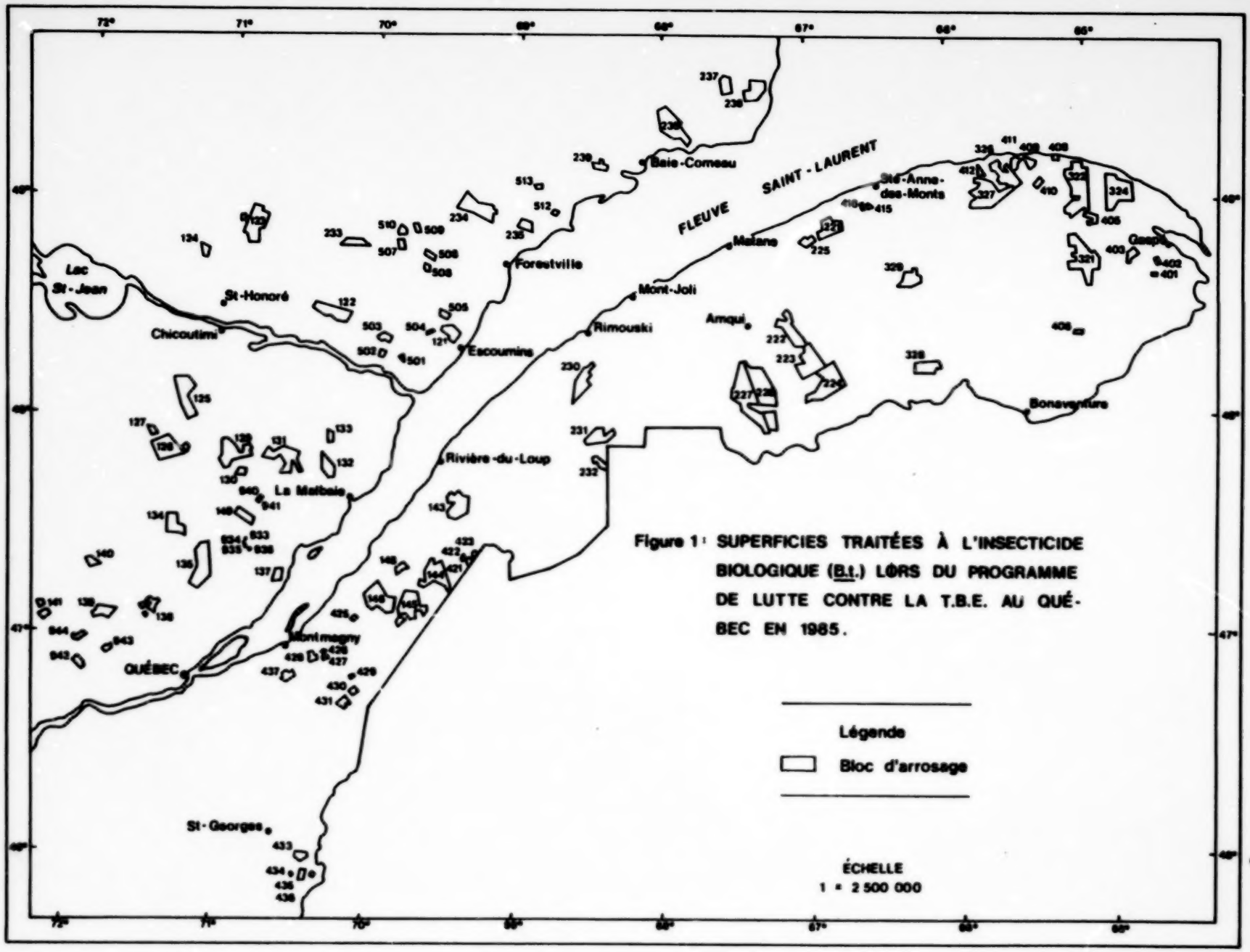


Figure 1 : SUPERFICIES TRAITÉES À L'INSECTICIDE BIOLOGIQUE (B.t.) LORS DU PROGRAMME DE LUTTE CONTRE LA T.B.E. AU QUÉBEC EN 1985.

Légende

Bloc d'arrosage

ÉCHELLE
1 = 2 500 000

Ces conditions exigent qu'à l'intérieur d'un nuage de gouttelettes, la vitesse de l'air dans le tube d'échantillonnage soit égale à la vitesse de déplacement du nuage; le tube d'échantillonnage doit également être orienté dans l'axe de provenance du vent (Hinds, 1982; Calvert et Englund, 1984).

La technique d'échantillonnage utilisée a donc été choisie pour respecter le plus possible les conditions énumérées précédemment. Cette dernière consiste en une pompe Dupont^{MD} P-4000 à orientation et débit ajustés, installée sur le toit d'une fourgonnette (Fig. 2). Les modifications de débit et d'orientation sont effectuées toutes les cinq minutes selon les changements de vitesse et de provenance du vent telles qu'enregistrés par un anémomètre Met One^{MD} 010 B et une girouette Met One^{MD} 022 B. Sans s'y conformer parfaitement, cette méthode permet de se rapprocher des conditions idéales d'isocynétique décrites ci-haut. La raison de l'installation du système sur le toit d'une fourgonnette est d'obtenir des vents légèrement supérieurs à ceux au sol de façon à dépasser le seuil de lecture des instruments météo. La pompe à succion est munie d'un module Millipore^{MD} équipé d'une membrane filtrante en ester de cellulose d'une porosité de 0,45 µm.

Cette technique d'échantillonnage (sauf le capteur) a été utilisée en 1984 pour les mesures d'insecticides chimiques à l'intérieur des aires traitées (Major et al., 1985). Elle s'est révélée relativement facile d'utilisation et a démontré une efficacité supérieure par rapport à l'utilisation d'appareils à orientation et débit fixes.

Dès le passage de l'avion, quatre prélèvements consécutifs d'une durée de 30 minutes sont effectués. Avant chacun des prélèvements, trois membranes filtrantes sont déposées au sol à la station. Ces membranes nous renseignent sur la quantité de produit actif atteignant le sol. De cette façon, il est possible d'obtenir l'information sur les concentrations dans l'air et au sol pour chaque tranche de 30 minutes.

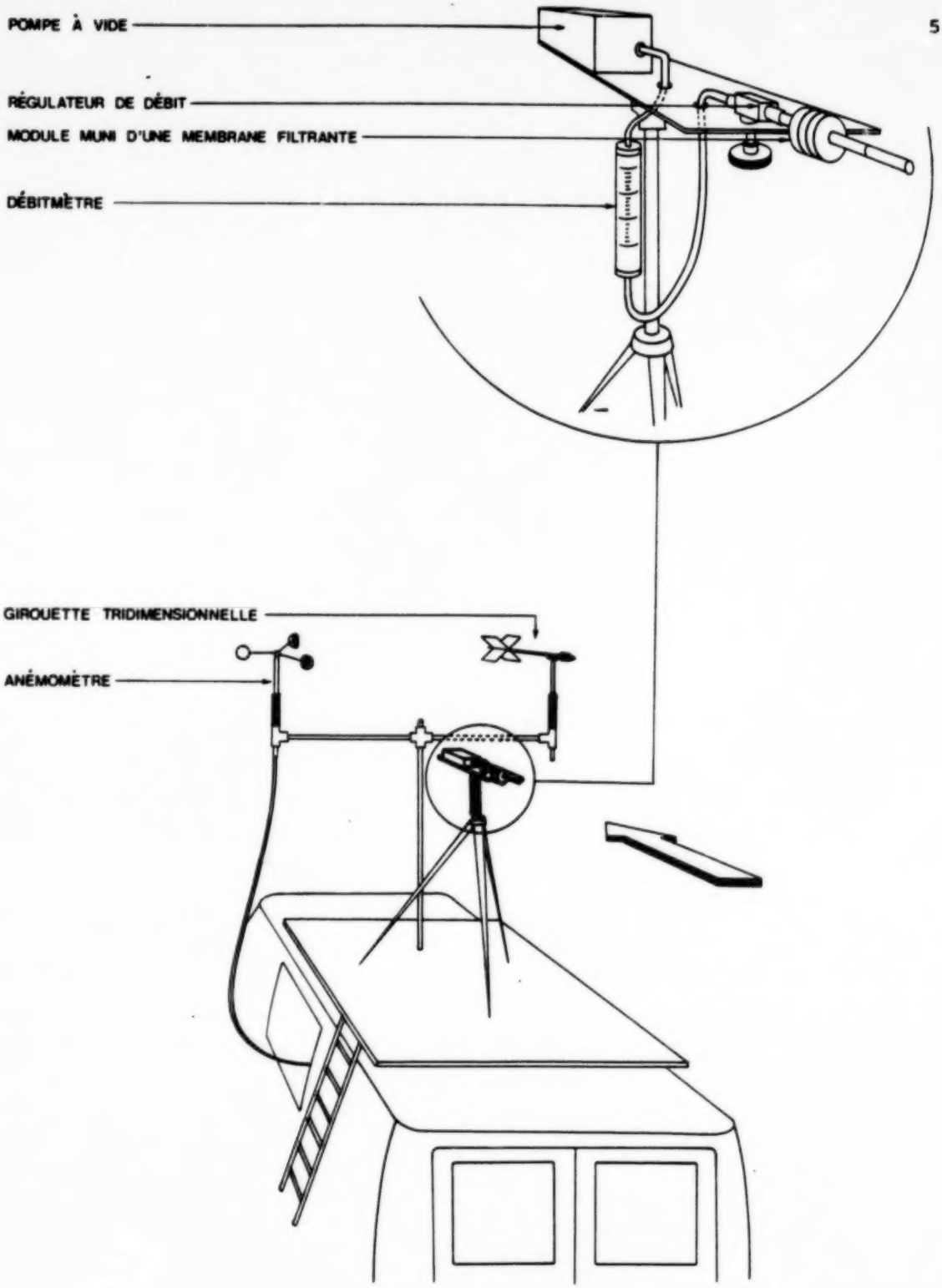


Figure 2 : Schéma des appareils utilisés pour l'échantillonnage d'insecticide biologique (B.t.) dans l'air à l'intérieur des aires traitées, en 1985.

Toutes les stations sont situées au milieu du secteur traité et légèrement en aval de la ligne de vol par rapport au vent, de façon à obtenir des concentrations maximales d'insecticide. Elles sont placées en milieu relativement découvert, soit au bord d'une route forestière de 8 à 20 m de largeur.

Après chaque prélèvement, le module Millipore^{MD} est enveloppé dans une feuille d'aluminium et conservé au froid (4°C) jusqu'à l'arrivée au laboratoire, puis congelé jusqu'à l'analyse. Les membranes de dépôt sont déposées dans un pétri stérile et conservées de la même façon que les capteurs d'air.

3.4 Méthode analytique

Après avoir retiré la feuille d'aluminium recouvrant le module, l'extérieur de celui-ci est nettoyé à l'alcool afin d'éviter les risques de contamination. Le filtre est prélevé avec des pinces préalablement flambées à l'alcool et déposé dans 25 ml de diméthylsulfoxide (DMSO). La préparation est ensuite placée sur agitateur mécanique durant 15 minutes afin de permettre la dissolution complète du filtre. Signalons que suite à des tests réalisés au laboratoire de microbiologie du MER, ce produit s'est révélé inoffensif pour les spores de B.t. Après agitation, deux volumes de 10 ml et un de 5 ml sont filtrés à l'aide de filtres Nuclépore^{MD} dont la porosité est de 0,45 µ. Ces filtres sont alors déposés sur gélose nutritive[1] et incubés pendant 24 heures à 37°C. Le décompte des colonies n'est effectué que pour les pétris comptant entre 20 et 80 colonies. Seules les colonies présentant les caractéristiques du B.t. sont considérées (beiges, plates et d'apparence rugueuse).

La partie supérieure du module est rincée avec trois volumes de 50 ml de Tween 80[1] stérile. Ce volume de rinçage est ensuite analysé à l'aide de filtres Millipore^{MD} selon la méthode décrite précédemment. Les volumes de filtration sont de 1 ml, 10 et 100 ml.

---

[1] La composition de ces produits est détaillée à l'annexe.

Trois aliquotes de 0,1 ml sont également prélevées et étalées directement sur gélose nutritive. La solution restante est conservée à 4°C en cas de reprise de l'analyse.

Le résultat final est déterminé par l'addition des quantités mesurées sur le filtre et celles détectées sur le module. Notons finalement que les analyses ont été réalisées au laboratoire de microbiologie du MER et que la méthodologie détaillée de l'analyse est présentée dans Cardinal (1986).

4. RÉSULTATS

Au total, douze stations ont été surveillées durant la campagne d'échantillonnage de l'air en 1985. Les tableaux 1 et 2 présentent les résultats obtenus pour chacun des deux substrats étudiés, soit l'air et les membranes filtrantes déposées au sol.

4.1 Concentrations d'insecticide dans l'air

Le tableau 1 présente les résultats obtenus lors de l'échantillonnage d'insecticide dans l'air à l'intérieur des zones traitées. Les résultats sont exprimés en concentrations moyennes (U.F.C.[1]/l d'air) et en concentrations intégrées dans le temps[2] (U.F.C.-mn/l). Toutefois, pour les fins de la discussion, seules les unités formant des colonies-minute par litre d'air sont utilisées puisqu'elles s'avèrent plus significatives. En effet, la concentration exprimée en U.F.C./l est une moyenne des concentrations détectées dans l'air durant une période de prélèvement, alors que l'unité U.F.C.-mn/l représente la sommation des diverses concentrations d'insecticide captées au cours d'une même période de prélèvement. Des difficultés techniques d'ajustement de l'appareil nous ont contraint à annuler certains résultats avant de procéder à l'analyse des données. Notamment, il s'agit des valeurs obtenues à la station

[1] U.F.C.: Unités formant des colonies pouvant provenir d'une ou de plusieurs spores (Collins et Lyne, 1984).

[2] La concentration intégrée dans le temps est le produit de la concentration détectée (U.F.C./l) par le temps de prélèvement (minutes).

TABLEAU 1: Concentrations d'insecticide biologique (B.t.) décelées dans les échantillons d'air prélevés à l'intérieur des secteurs traités, en 1985

DATE	06-04 PM	06-05 AM	06-07 PM	06-08 PM	06-09 AM	06-09 PM	06-12 PM	06-15 AM	06-16 PM	06-17 AM	06-27 AM	07-05 AM
PARCELLE NO	146	146	145	226	226	227	224	224	223	223	327	327
DÉLAI (min)	U.F.C.-mn/l[1] (U.F.C./l)[2]	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)	U.F.C.-mn/l (U.F.C./l)
0-30	123 915 (4 130,5)	25 566 (852,2)	218 061 (7 268,7)	2 202 (73,4)	73 266 (2 442,2)	1 503 (50,1)	108 291 (3 609,7)	2 109 (70,3)	44 097 (1 469,9)	105 624 (3 520,8)	13 557 (451,9)	74 757 (2 491,9)
30-60	621 (20,7)	1 068 (35,6)	59 643 (1 988,1)	41 181 (1 372,1)	*	*	9 (0,3)	2 376 (79,2)	309 (10,3)	35 412 (1 180,4)	6 183 (206,1)	1 461 (48,7)
60-90	29 109 (970,3)	384 (12,8)	18 (0,6)	207 (6,9)	22 812 (760,4)	*	420 (14,0)	12 (0,4)	14 565 (485,5)	1 938 (64,6)	72 (2,4)	1 107 (36,9)
90-120	2 874 (95,8)	4 287 (142,9)	219 (7,3)	729 (24,3)	8 103 (270,1)	-	33 (1,1)	9 (0,3)	498 (16,6)	792 (26,4)	267 (8,9)	22 500 (750,0)
TOTAL	156 519	31 305	277 941	44 319	-	-	108 753	4 506	59 469	143 766	20 079	99 825

[1] Concentrations intégrées dans le temps.
[2] Unités formant des colonies par litre d'air.
* Échantillon annulé.

226 (85-06-09 AM) pour les périodes de 30 à 60 minutes et à la station 227 pour les trois dernières périodes échantillonnées.

La concentration moyenne observée après deux heures d'échantillonnage pour l'ensemble des stations est de 94 648 U.F.C.-mn/l (n=10). Les concentrations totales varient de 4 506 U.F.C.-mn/l à une valeur maximale de 227 941 U.F.C.-mn/l.

Les plus fortes concentrations sont détectées au cours de la première demi-heure suivant les pulvérisations. Les résultats s'échelonnent de 1 503 à 218 061 U.F.C.-mn/l ($\bar{x}$=66 079 U.F.C.-mn/l, n=12). Pour les trois périodes subséquentes, les valeurs varient respectivement de 9 à 59 643 U.F.C.-mn/l ($\bar{x}$=14 826 U.F.C.-mn/l, n=10), 12 à 29 109 U.F.C.-mn/l ($\bar{x}$=6 422 U.F.C.-mn/l, n=11) et 9 à 22 500 U.F.C.-mn/l ($\bar{x}$=3 665 U.F.C.-mn/l, n=11).

4.2 Concentrations d'insecticide au sol

Le tableau 2 présente les concentrations moyennes d'insecticide biologique décelées sur les trois membranes filtrantes disposées au sol à chaque période d'échantillonnage et pour chacune des stations.

Les dépôts totaux varient de 53,2 à 1 021,6 U.F.C./cm^2 pour une moyenne de 453 U.F.C./cm^2 (n=11). La grande majorité du dépôt atteint le sol dans les trentes premières minutes suivant les pulvérisations. En effet, durant cette période, les concentrations varient de 5,9 à 1 010 U.F.C./cm^2 ($\bar{x}$=377 U.F.C./cm^2, n=12). En ce qui a trait aux trois autres périodes de 30 minutes, les concentrations se répartissent respectivement de 0,4 à 64,0 U.F.C./cm^2 ($\bar{x}$=24 U.F.C./cm^2, n=12), 0,5 à 64,0 U.F.C./cm^2 ($\bar{x}$=10,7 U.F.C./cm^2, n=12) et 1,0 à 12 U.F.C./cm^2 ($\bar{x}$=4,6 U.F.C./cm^2, n=11).

TABLEAU 2: Concentrations d'insecticide biologique (B.t.) décelées sur les membranes filtrantes prélevées à l'intérieur des secteurs traités, en 1985

DATE	06-04 PM	06-05 AM	06-07 PM	06-08 PM	06-09 AM	06-09 PM	06-12 PM	06-15 AM	06-16 PM	06-17 AM	06-27 AM	07-05 AM
PARCELLE NO	146	146	145	226	226	227	224	224	223	223	327	327
DÉLAI (min)	U.F.C.[1]/cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2	U.F.C./cm^2
0-30	446,0	410,0	836,0	28,0	47,0	5,9	230,0	1 010,0	52,0	690,0	21,0	750,0
30-60	15,0	6,3	64,0	21,0	23,0	0,4	13,0	10,0	32,0	60,0	32,0	12,0
60-90	64,0	8,1	2,2	3,0	11,0	0,9	4,8	0,5	6,2	5,8	5,2	17,0
90-120	5,8	7,0	1,9	1,2	6,6	-	4,6	1,1	1,7	12,0	1,0	7,7
TOTAL	530,8	431,4	904,1	53,2	87,6	-	252,4	1 021,6	91,9	767,8	59,2	786,7

[1] Unités formant des colonies par centimètre carré.

DISCUSSION

Les résultats démontrent une grande variabilité des concentrations d'insecticide biologique retrouvées dans l'air à l'intérieur des aires traitées. Le même type de variation est observé au niveau des dispositifs déposés au sol afin d'évaluer le dépôt d'insecticide. Cette variabilité des résultats peut s'expliquer par des facteurs reliés directement aux pulvérisations tels que les conditions météorologiques (température, humidité, vitesse et provenance des vents), l'altitude de l'avion et la distance de la station par rapport aux lignes de vol traitées. De plus, des composantes purement biophysiques telles que la topographie locale de même que le couvert forestier environnant sont autant de facteurs susceptibles d'influencer le comportement de l'insecticide dans l'air. C'est pourquoi, malgré les efforts entrepris dans ce sens, il est possible que le site de dépôt maximal, lors d'une pulvérisation, ne corresponde pas nécessairement aux stations échantillonnées.

La figure 3 illustre le taux de distribution des concentrations d'insecticide biologique (B.t.) décelées dans les échantillons d'air prélevés à l'intérieur des aires traitées en 1985 pour chacune des parcelles et chaque période d'échantillonnage. De plus, sur cette même figure apparaît le taux de distribution du dépôt mesuré au sol à l'aide de membranes filtrantes. Cette figure permet donc de visualiser globalement le comportement du B.t. sur les différents substrats utilisés dans le cadre du programme d'échantillonnage de l'air. Au moyen du coefficient de corrélation de rang (τ) de Kendall, il est possible de classer l'ensemble des valeurs de chaque série en ordre décroissant pour ensuite en déterminer le degré de ressemblance avec la série originale. Bien qu'apparemment évidente, la tendance à la baisse des concentrations dans le temps n'a pu être vérifiée statistiquement, le nombre n de période de prélèvement étant trop faible.

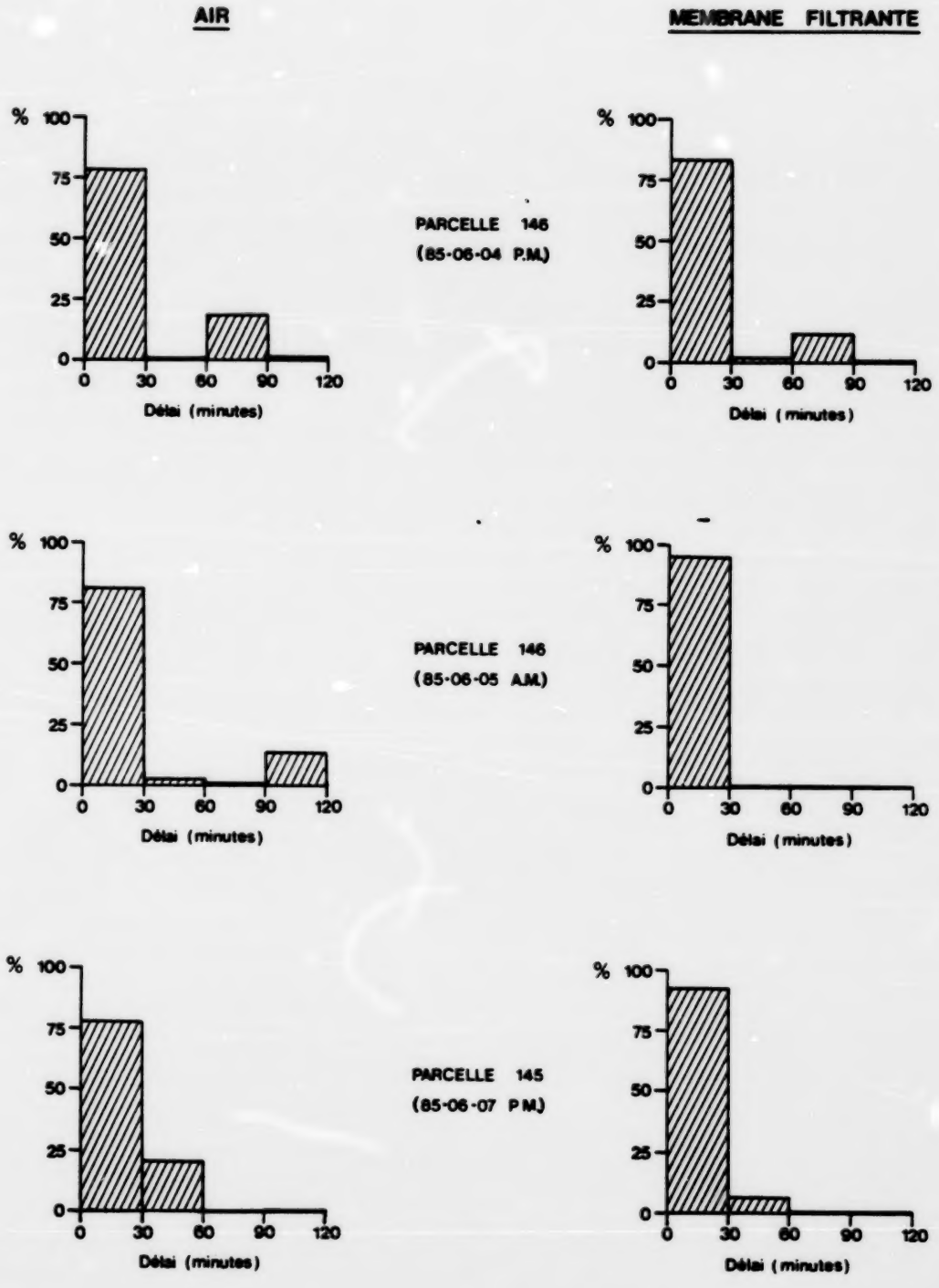


Figure 3 : Histogrammes illustrant le taux de distribution de l'insecticide biologique (B.t.) détecté à différentes périodes dans l'air et au sol à l'intérieur des secteurs traités, en 1985.

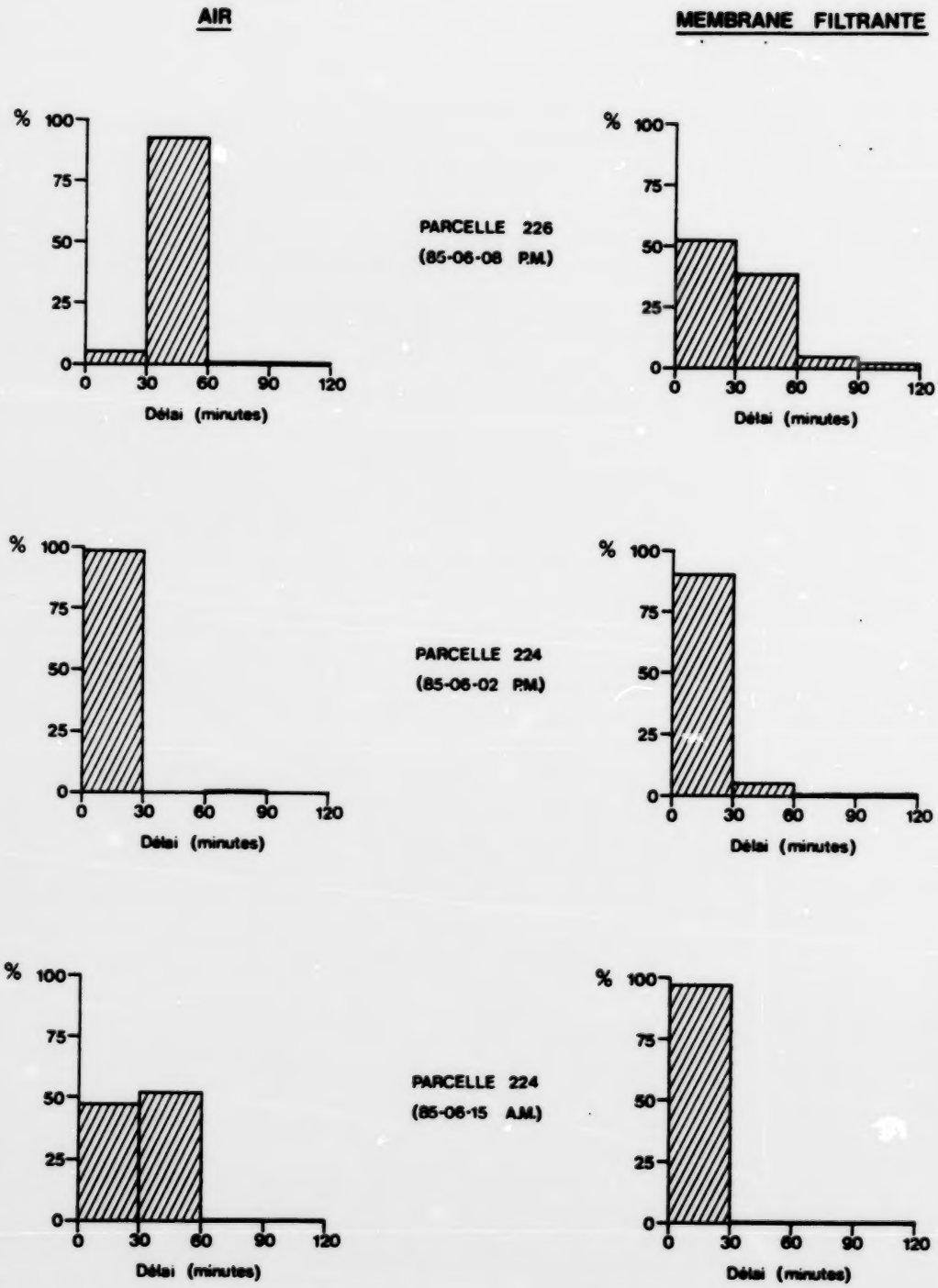
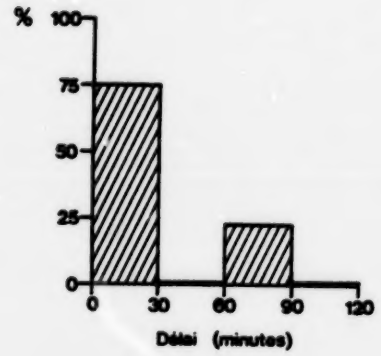
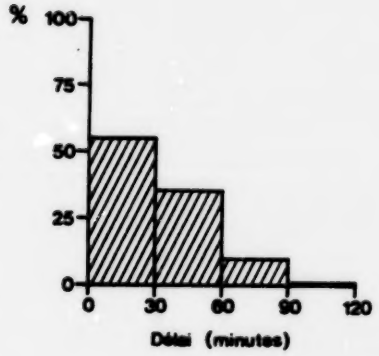


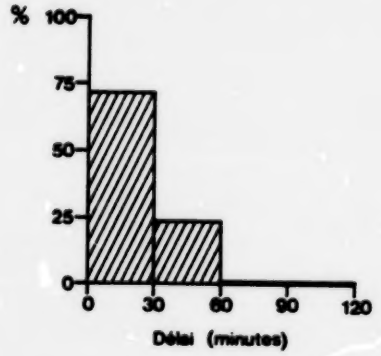
Figure 3 : (suite)

AIR **MEMBRANE FILTRANTE**

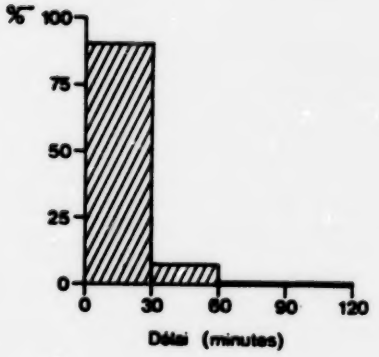


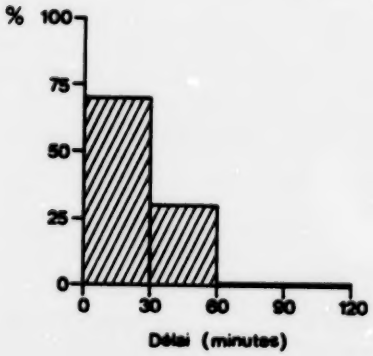
PARCELLE 223
(85-06-16 P.M.)



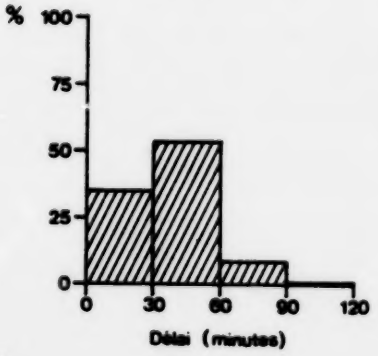


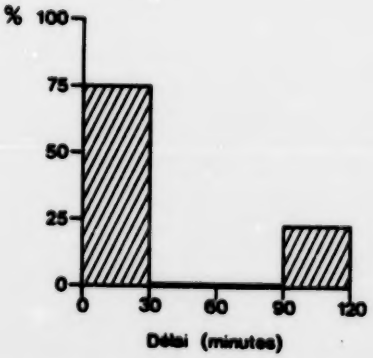
PARCELLE 223
(85-06-17 A.M.)





PARCELLE 327
(85-06-27 A.M.)





PARCELLE 327
(85-07-05 A.M.)

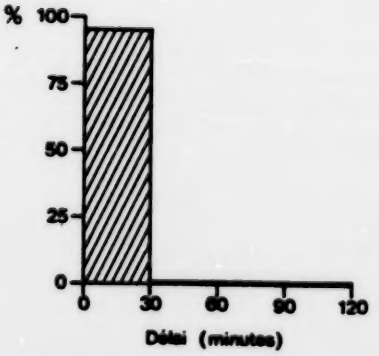


Figure 3 : (suite)

La majeure partie de l'insecticide est détectée durant la première demi-heure suivant la pulvérisation. En effet, à huit stations sur dix, 67,5% à 91,6% des concentrations d'insecticide biologique dans l'air est captée durant cette première période de trente minutes. Par la suite, les concentrations résiduelles tendent à diminuer avec le temps. Ainsi, pour huit stations sur dix, la proportion d'insecticide détectée durant la dernière demi-heure (90-120 minutes) est inférieure à 2% de la concentration totale captée durant les deux heures de prélèvement à chacune des stations. La propagation du nuage d'insecticide provenant des lignes de vol traitées en amont pourrait être responsable de l'arrivée tardive de l'insecticide observée à certains moments après la pulvérisation.

La majorité du dépôt d'insecticide parvient également au sol durant la première demi-heure suivant les pulvérisations. De même, de façon similaire aux concentrations d'insecticide retrouvées dans l'air, le nombre de U.F.C./cm^2 tend à diminuer avec le temps.

Les concentrations totales détectées aux sites d'échantillonnage de l'air sont représentatives de celles mesurées par le réseau de surveillance du Service des études environnementales en 1985. Dans le cadre de ce réseau, des dispositifs équidistants sont déposés perpendiculairement aux lignes de vol traitées afin d'évaluer l'uniformité du dépôt au sol lors des pulvérisations. L'analyse des résultats de ces transects démontre que la concentration médiane obtenue pour les 189 échantillons récoltés sur sept parcelles distinctes est de 550 U.F.C. /cm^2 (MER, à venir). Par ailleurs, la médiane des concentrations totales détectées au sol sur les membranes filtrantes déposées aux sites d'échantillonnage de l'air est de 481,1 U.F.C./cm^2.

De façon générale, il appert que le comportement du B.t. dans l'air s'apparente au comportement des insecticides chimiques tels le fénitrothion et l'aminocarbe. En effet, la majeure partie de l'insecticide tombe au sol durant la première demi-heure. De même, les concentrations d'insecticides tendent à diminuer rapidement avec le temps suivant les traitements. Des corrélations

hautement significatives entre les concentrations d'insecticides chimiques dans l'air et les concentrations au sol ont été signalées (Major et al., 1985). Donc, indépendamment du fait que les préparations commerciales de l'insecticide biologique (B.t.) sont en suspension plutôt qu'en solution comme les insecticides chimiques, une corrélation entre les concentrations dans l'air et au sol devrait normalement exister.

Un test non-paramétrique pour échantillons appariés (τ de Kendall) a donc été employé afin de vérifier l'existence d'une corrélation entre les différents substrats utilisés. Au total, dix variables ont été identifiées et comparées statistiquement en couplant les concentrations d'insecticide dans l'air avec les concentrations détectées sur les membranes filtrantes déposées au sol. Ce test statistique est intéressant puisqu'il converge vers la loi normale en classant les données sous forme de rang. Toutefois, il est important de rappeler que le test est moins restrictif à mesure que le nombre (n) d'échantillons augmente. Il faut donc être prudent quant à l'interprétation des résultats.

L'analyse statistique révèle que les variables comparées sont indépendantes ou ne présentent pas de corrélation significative ($p > 0,05$). En effet, le taux de Kendall n'est pas significatif pour l'ensemble des variables étudiées. Ainsi, pour chaque période de prélèvement et au total, il n'est pas possible statistiquement d'associer une relation significative entre les concentrations détectées dans l'air et le dépôt au sol évalué à l'aide des membranes filtrantes. L'absence de corrélation significative pourrait être imputable, entre autres, à certains problèmes de contamination observés au laboratoire d'analyse en 1985 (Major et al., 1986).

Finalement, afin d'évaluer les risques potentiels pour la santé des travailleurs et du public exposés aux pulvérisations aériennes d'insecticide biologique, la valeur maximale détectée dans l'air pour l'ensemble des stations échantillonnées a été considérée. La plus forte concentration a été obtenue à la parcelle 145 en date du 7 juin 1985 et correspond à 277 941 U.F.C.-mn/l.

Pendant les deux heures suivant les pulvérisations, un individu pourrait absorber par inhalation et/ou par ingestion un total de près de 8,5 X 10^6 U.F.C. de B.t. avec un débit respiratoire moyen de 30 l/mn. Supposons que ce même individu soit exposé à une quantité équivalente lors de 25 pulvérisations consécutives; la quantité totale absorbée serait de 2,1 X 10^8 U.F.C. de B.t. Une telle quantité d'insecticide, bien qu'apparemment élevée, ne semble pas avoir d'effet adverse sur les hommes et les vertébrés en général (Major et al., 1985; Dugal, 1986). Dans l'état actuel des connaissances, les plus fortes concentrations de B.t. détectées à l'intérieur des aires traitées en 1985 ne représenteraient que très peu de risques pour les individus les plus exposés à l'insecticide.

BIBLIOGRAPHIE

CALVERT, S. et H.M. ENGLUND, 1984. Handbook of Air Pollution Technology. Wiley-Interscience, Toronto. ISBN: 0-471-08263-5. 1 066 p.

CARDINAL, P., 1986. Cahier des méthodologies analytiques pour le Bacillus thuringiensis. Division de la microbiologie, Service des études environnementales, ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 29 p.

COLLINS, C.H. et M.P. LYNE, 1984. Microbiological Methods. Fifth Edition, Butterworths. Chap. 9.

DUGAL, J., 1986. Évaluation des effets de l'insecticide biologique Bacillus thuringiensis Berliner sur la faune vertébrée du Québec. Service des études écologiques, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Gouvernement du Québec. ISBN: 2-550-16209-9. 47 p.

HINDS, W.C., 1982. Aerosol Technology: Properties, Behavior and Measurement of Airbone Particules. Wiley Interscience. 424 p.

MAJOR, L., G. MAMARBACHI, G. ROUSSEAU, N. ST-LOUIS et T. ADLEY, 1984. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuses des bourgeons de l'épinette, en 1983: Echantillonnage de l'air. Division environnement et sécurité, Service d'entomologie et de pathologie, ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 30 p.

MAJOR, L., G. ROUSSEAU et G. MAMARBACHI, 1985. Concentrations d'insecticides chimiques dans l'air à l'intérieur et à l'extérieur (3 km) des aires traitées. Division environnement et sécurité, Service d'entomologie et de pathologie, ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 42 p.

MAJOR, L., G. ROUSSEAU et P. CARDINAL, 1986. Concentrations d'insecticides biologiques dans l'air de sept municipalités situées au voisinage des aires traitées. Division des études et du suivi, Service des études environnementales, ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 30 p.

ST-LOUIS, N., I FU HUNG, G. GABOURY, G. ROUSSEAU et G. MAMARBACHI, 1983. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au Québec, en 1982: Échantillonnage de l'air. Eco-Recherches Inc. et la division environnement et sécurité, Service d'entomologie et de pathologie, ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. 36 p.

ANNEXE 1

Composition de la gélose nutritive et du Tween 80

Gélose nutritive (Nutrient Agar)

	Par litre d'eau distillée
- Extrait de boeuf	3,0 g
- Peptone	5,0 g
- Agar	15,0 g

Tween 80

Polyoxyéthylène sorbitane monooléate 0,1 % à pH 7,2.